

*Осипенко Людмила Евгеньевна,
Стафеев Сергей Константинович,
Муромцев Дмитрий Ильич*

ОНТОЛОГИЧЕСКИЙ ДИЗАЙН ИНЖЕНЕРНОЙ СИТЕМ-АЗБУКИ

ВВЕДЕНИЕ

Совсем недавно российская система инженерного образования отметила свое 300-летие. За три последних века имена А. К. Нартова, И. П. Кулибина, четы Черепановых, А. Н. Лодыгина, П. Н. Яблочкова, А. С. Попова, Н. Е. Жуковского, К. Э. Циолковского, В. Г. Шухова золотыми буквами вписаны в мировую историю корифеев инженерного дела. Продолжение плеяды выдающихся создателей, объединяющих научные знания, технические навыки с искренним чувством преданного служения своему Отечеству, и в настоящее время является актуальной задачей для многих стран.

Понимание ограниченности вузовского образования для формирования у будущих специалистов умения решать комплексные научно-технические проблемы обусловили временной сдвиг в приобщении детей к инжинирингу на школьную ступень образования. Во всем мире уже получили распространение различные модификации технологии STEM (от англ. «Science» – наука, «Technology» – технология, «Engineering» – инжиниринг, «Mathematics» – математика).

В США, Великобритании, Израиле активно разрабатываются программы по привлечению детей в высокотехнологичные области знаний.

В России для школьников организуются инженерные робофесты, интеллектуально-творческие турниры с участием представителей науки, реального сектора экономики. Так, полигоном для испытаний самых смелых авторских решений нынешних школьников уже не один год выступают Балтийский инженерный конкурс, организуемый Санкт-Петербургским университетом ИТМО, Олимпиада НТИ. На этих интеллектуальных мероприятиях одаренные школьники со всего мира предлагают собственное решение сложных междисциплинарных задач по перспективным отраслевым программам глобального технологического лидерства своей страны.

Несмотря на очевидную перспективность вовлечения школьников в высокотехнологичные области знаний, следует учитывать специфику возраста обучающихся, ограниченность уровня школьной предметной подготовки. Например, Я. И. Перельманом [4] отмечалась необходимость создания в памяти ученика многочисленных ассоциаций знаний с уже знакомыми ему жизненными объектами, явлениями, процессами. Такой подход позволяет создавать новые и объединять с уже существующими в сознании обучающегося паттерны нейронных связей, значимо снижая когнитивную нагрузку, связанную с усвоением сложных научных понятий.

Для обучения младших школьников и подростков необходимы инновационные дидактические средства, обеспечивающие «наглядность ненаглядности» [2], то есть адекватные зрительные образы, визуализирующие сущность сложного научного понятия.

МНОГО КОНТЕКСТОВ – ОДНА КОНЦЕПЦИЯ

Перспективность раннего выявления и всестороннего развития интеллектуального и творческого потенциала одаренных детей, интересующихся наукой и техникой, а также целесообразность включения таких детей в сложные практики, связанные с прикладными научно-техническими разработками, привели авторов публикации к идее разработать для школьников инженерную азбуку.

Концептуальная модель азбуки базируется на нескольких идеях. Для первоклассников все буквы алфавита воплощены в окружающие детей инженерные сооружения. Ангар, бумеранг, воздушно-канатная дорога, громоотвод, дельтаплан – эти и другие объекты, объединенные общностью прикладного технического содержания, составляют дидактический каркас инженерной азбуки (рис. 1).

Для подростков и старшеклассников специфика инженерных объектов раскрывается на основе технологии STEM. Научная (S) составляющая включает основные понятия, законы, математические модели, объясняющие сущность рассматриваемых объектов, а также предполагает ознакомление ученика со структурой исследования.

Инженерная (E) составляющая азбуки знакомит читателей с существующими подходами к решению определенных техниче-

ских задач, а также предполагает разработку и исследование учеником собственных проектных идей.

Технологическое (Т) направление азбуки ориентировано на формирование у школьников умения оперировать графической информацией, использовать приборы и технические приспособления для разработки авторских инженерных моделей.

Математический (М) контекст в инженерной азбуке предполагает овладение читателями математическими понятиями, функциональными зависимостями для поиска новых связей и отношений между изучаемым инженерным объектом и иными предметами окружающего мира [3].

В представляемой концепции инженерной азбуки мы дополнили традиционное понимание STEM региональным социокультурным контекстом населенного пункта, в котором живет ребенок, и модифицировали «STEM» в «SHTEM» – подход (от англ. History – история) (рис. 2).

Для формального и явного описания характеристических особенностей объектов инженерной SHTEM-азбуки, а также связей и отношений между ее основными понятиями мы использовали онтологии [1].

Общеизвестно, что многообразие формулировок понятия «онтология» распространяется на такие области, как интеграция открытых образовательных ресурсов [5], обработка естественных языков [9, 12], поиск информации в Интернете и управление знаниями [8], технологии семантического веба [6, 7].

Онтологии успешно используются и в предметных областях. Так, Р. Штудер и его коллеги дают развернутое определение онтологии в информатике (computer science). Они определяют онтологию как



Рис. 1. Дизайн букв алфавита инженерной азбуки (художник – Елена Беляева)

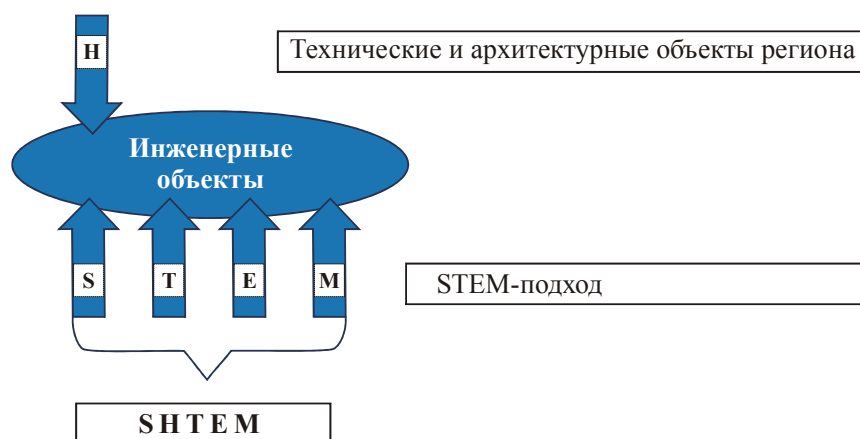


Рис. 2. Сущность SHTEM-подхода к дизайну инженерной азбуки

формальную спецификацию разделяемой концептуальной модели [11].

Еще одним ярким примером онтологического структурирования и описания предметных знаний является онтология математики, разработанная К. Ланге [10].

Выше перечисленные аргументы свидетельствуют о вариативности понимания термина «онтология» в зависимости от контекстов и целевых установок исследователей.

В данной публикации мы рассматривали онтологию как методический инструмент, описывающий характеристические особенности и связи между понятиями инженерной азбуки. Они сгруппированы в словаре – центральной компоненте онтологии и обозначены на рис. 4 как ABC.

Словарь включает инженерные приборы, приспособления, а также описывает явные интенциональные определения, задающие смысл элементов словаря.

Связи между словарем (знаками) и семантикой ограничены множеством возможных интерпретаций знаков. Например, установка связи между объектом «ключ» и его интенциональным определением как «металлический стержень особой формы для отпирания и запираания замка» автоматически исключает из множества возможных интерпретаций этого слова понятие «ключа» как музыкального знака, природного источника воды, регистрационного номера, вводимого для платного программного обеспечения, подсказки для ответа на какое-либо задание.

То есть онтологии позволяют правильно соотносить знаки с понятиями (семантическими моделями) и объектами реального мира.

Важным этапом онтологического дизайна инженерной азбуки является описание родовидовых отношений между классами объектов. Например, историческая область инженерной азбуки объединяет три подкласса: «Историю региона», «Географию региона», «Персоналии». В своей совокупности они составляют адекватный историко-краеведческий контекст онтологии инженерной азбуки.

Законы инженерной азбуки подчинены логике SHTEM. В области «S» отражена научная составляющая онтологии. Область «E» – инженерная составляющая объектов инженерной азбуки. Ее технологическая составляющая обозначена как область «T». Математический контекст инженерной азбуки отражен в области «M». Выделенная пунктиром область – историческая составляющая инженерной азбуки. Она обозначена буквой «H». Онтологии инженерной SHTEM-азбуки вместе с множеством индивидуальных экземпляров классов составляют соответствующую базу знаний.

ОТ ТЕОРИИ – К ПРАКТИКЕ

Раскроем более подробно процедуру описания онтологий на примере двух объектов инженерной азбуки: моста и ангара. На первый взгляд, это две совершенно разные

инженерные конструкции. Мост – сооружение, которое возводится над препятствием. Ангар предназначен для хранения и технического обслуживания крупногабаритной техники. Однако при более детальном рассмотрении этих объектов можно заметить, что подвесной мост практически идентичен перевернутой арке.

Еще более глубокое экспериментальное исследование учеником различных конструкций моста доказывает необходимость учета значительного вертикального давления, вызванного собственным весом строения, полезными нагрузками, силой ветра и пр. Поэтому важно сформировать у обучающихся представление об основных инженерных приспособлениях, обеспечивающих прочность, надёжность и долговечность тяжелых конструкций. В частности, соединенные между собой стержни или фермы обеспечивают геометрическое постоянство системы. Наклонно вставленные в них диагональные стойки или раскосы предотвращают деформации прямоугольных конструкций от прогиба и нагрузок.

Опоры, столбы, кронштейны, фермы в совокупности с такими физическими понятиями, как сила давления, вес тела, деформация, обосновывают фундаментальное понятийное ядро для понимания источников прочности и устойчивости объектов, с которыми дети ежедневно сталкиваются (рис. 3).

Красота и величие мостов мегаполисов могут стать наглядными примерами высокой архитектурно-художественной эстетики инженерной постройки. Например, настоя-

щим украшением столицы России считается Живописный мост, перекинутый через Москву-реку в 2007 году.

Всемирно известным «городом мостов» является Санкт-Петербург. Ко многим мостам северной столицы России вполне применим эпитет «первый»: первый цепной, первый разводной... Не могут не впечатлять инженерные решения этих конструкций. Например, на сведение и разводение пролетов Дворцового моста, каждый из которых весит около 700 тонн, требуется всего три минуты.

Чтобы ученик смог по достоинству оценить удивительное таинство превращения утилитарного инженерного сооружения в выразительную архитектуру, необходимы знания основных свойств геометрических фигур, умения выражать красоту с помощью формул и уравнений, «измерять гармонию» с помощью циркуля и линейки. Золотое сечение, симметрия станут для учеников научным базисом для овладения правилами «божественной пропорции», секретами достижения внутренней красоты и эстетики.

Фрагмент панорамной картины, визуализирующей связи двух объектов инженерной ШТЕМ-азбуки: ангара и моста, отражен на рис. 4.

Для погружения ученика в специфику социально-экономического развития населенного пункта, в котором он живет, мы предлагали нарисовать интересный для изучения ученику мост, описать, для каких целей используется этот мост, назвать основные элементы конструкции этого моста, из



Рис. 3. Примеры фермовых конструкций

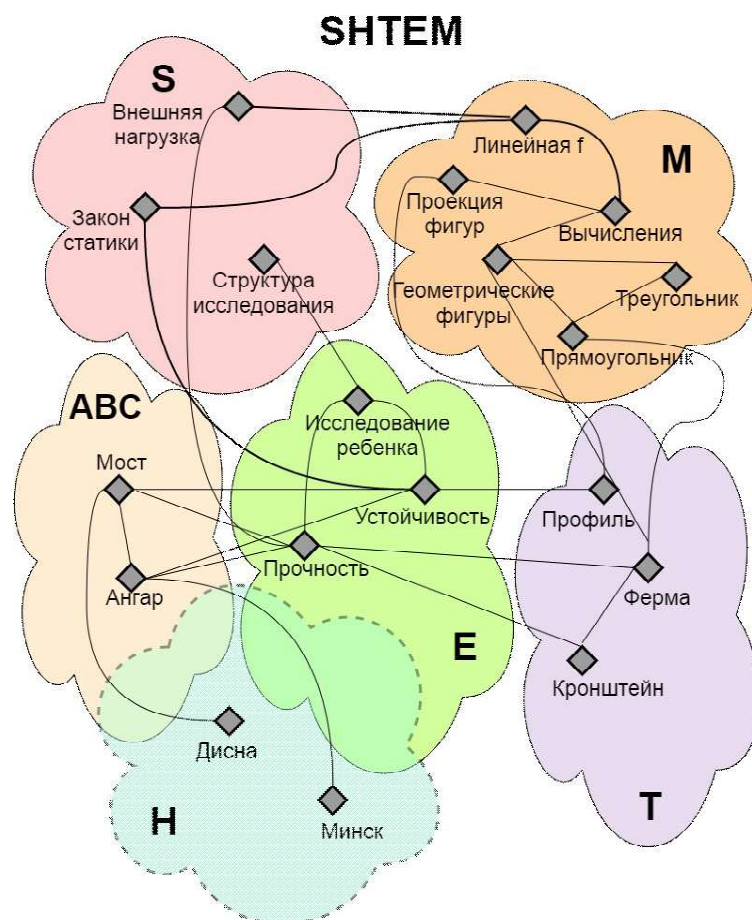


Рис. 4. Фрагмент онтологии инженерной SHTEM-азбуки

какого материала он построен. Можно предложить ученику выдвинуть гипотезы об объеме строительных материалов, которые потребовались для сооружения этого моста. Как долго продолжалось возведение этого моста? Сколько человек участвовало в этом процессе?

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Воспитание будущих инженерных талантов, изобретения которых в ближайшем временном горизонте станут глобальным мейнстримом, является приоритетной задачей для многих держав, претендующих на

мировое интеллектуальное лидерство. Научно-техническое наследие, воплощенное в SHTEM-азбуке, раскрывает не только источники инженерного искусства, но и наглядно демонстрирует ученикам практическое приложение научных знаний, адаптирует их под требования современности.

Онтологический дизайн научно обосновывает дидактический каркас инженерной азбуки, минимизируя ее наполнение избыточными научными понятиями. Самостоятельное дополнение читателями азбуки онтологий культурологической информацией интеллектуализирует и индивидуализует систему пользовательского взаимодействия.

Литература

1. Гаврилова Т. А., Кудрявцев Д. В., Муромцев Д. И. Инженерия знаний. Модели и методы. СПб: Лань, 2016.
2. Кара-Мурза С. Г. Манипуляция сознанием. М.: Эксмо, 2000.

3. *Осипенко Л. Е., Новикова Т. И.* Инженерная азбука Шухова // Образование. Наука. Научные кадры. 2016. № 2. С. 173–176.
4. *Перельман И. Я.* Живая математика. Математические рассказы и головоломки. М.: Астрель, АСТ, 2007.
5. *Стафеев С. К., Муромцев Д. И., Козлов Ф. А.* COLE – семантический агрегатор открытых образовательных ресурсов // Компьютерные инструменты в образовании. 2015. № 1. С. 48–60.
6. *Berners-Lee T., Hendler J., Lassila O.* The Semantic Web // Scientific American. May 17, 2001. [Эл. ресурс]. URL: http://ezolin.pisem.net/logic/semantic_web_rus.html.
7. *Domingue J., Fensel D., Hendler J. A.* Handbook of semantic web technologies. Springer Science & Business Media, 2011.
8. *Fensel D.* Ontologies: a silver bullet for Knowledge Management and Electronic Commerce. Berlin: Springer Verlag, 2001.
9. *Gruber T. R.* A translation approach to portable ontology specifications // Knowledge acquisition. 1993. Т. 5. №. 2. С. 199–220.
10. *Lange C.* Ontologies and Languages for Representing Mathematical Knowledge on the Semantic Web: [Эл. ресурс]. Режим доступа: http://www.semantic-web-journal.net/sites/default/files/swj122_3.pdf.
11. *Studer R., Benjamins R., Fensel D.* Knowledge Engineering: Principles and Methods // Data and Knowledge Engineering. 1998. № 25(1–2). P. 161–197.
12. *Uschold M., Jasper R.* Framework for Understanding and Classifying Ontology Applications // Proceedings of the IJCAI-99 workshop on Ontologies and Problem-Solving Methods (KRR5). Stockholm, Sweden. August 2, 1999.

Осипенко Людмила Евгеньевна,
доктор педагогических наук,
доцент кафедры теории и истории
педагогике МГПУ,

Стафеев Сергей Константинович,
доктор технических наук,
профессор СПбНИУ ИТМО,

Муромцев Дмитрий Ильич
кандидат технических наук,
заведующий кафедрой информатики
и прикладной математики,
руководитель международной
лаборатории «Интеллектуальные
методы обработки информации
и семантические технологии»
СПбНИУ ИТМО.

